

人工軽量骨材コンクリート 設計施工指針 (案) について

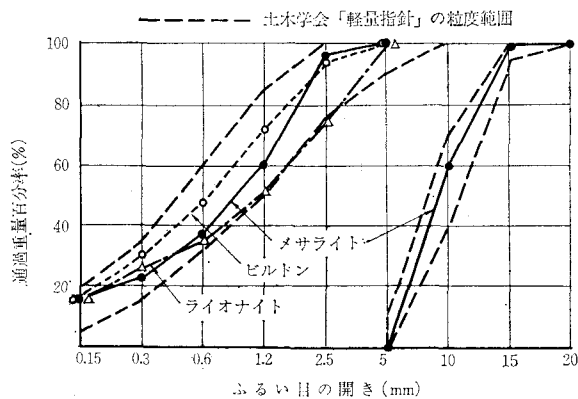
村 田 二 郎*

4 条 粒 度

表-1 重量百分率と容積百分率による細骨材の粒度

ふるい目 (mm)	絶乾比重	各ふるい間の粒の百分率 (%)	
		重量百分率	容積百分率
5~2.5	1.57	10.4	12.7
2.5~1.2	1.73	20.7	21.4
1.2~0.6	1.77	25.6	26.0
0.6~0.3	1.88	17.3	16.6
0.3~0.15	1.97	13.4	12.2
0.5 以下	2.04	12.6	11.1
粗 粒 率		2.59	2.73

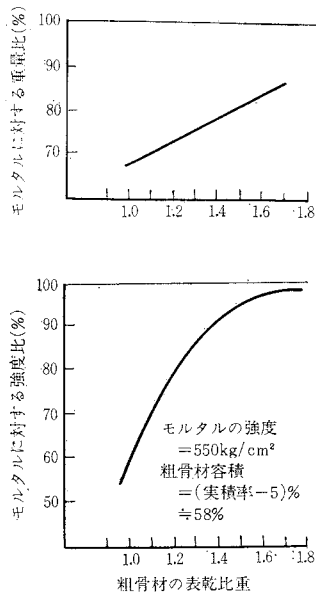
図-1 人工軽量骨材の粒度の 1 例



* 正会員 東京都立大学教授 土木工学科

6 条 有害物含有量の限度

図一2 軽量骨材の比重とコンクリートの強度，単位重量との関係



表一2 浮粒率がコンクリートの強度におよぼす影響

粗骨材の配合 (絶対容積比 %)				28 日 強 度	
浮 粒	非 浮 粒			圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	引 張 強 度 (kg/cm ²)
20~15 mm	20~15	15~10	10~5		
0	50	25	25	417 (1.00)	29.9 (1.00)
5	45	25	25	400 (0.96)	27.3 (0.91)
10	40	25	25	377 (0.90)	26.9 (0.90)
20	30	25	25	338 (0.81)	24.3 (0.81)
50	0	25	25	323 (0.77)	24.3 (0.81)

備考 コンクリートの配合：粗骨材最大寸法=20 mm, C=450 kg, W=171 kg, W/C=38%, s/a=38.5%, スランプ=約 5 cm

細骨材は川砂使用

粗骨材の表乾比重 (24 h)：浮粒 (20~15) 0.95, 非浮粒 (20~15) 1.35, (15~10) 1.14, (10~5) 1.40

浮粒と非浮粒とは土木学会規準「浮粒率試験方法」によって区分した。

7 条 耐 久 性

表一3 骨材の凍結融解試験結果

骨 材	粒径の範囲(mm)	硫酸ナトリウム試験 [5 回] の損失量 (%)	A.A.S.H.O の凍結融解試験 [160 回] の損失量 (%)	骨 材	粒径の範囲(mm)	硫酸ナトリウム試験 [5 回] の損失量 (%)	A.A.S.H.O の凍結融解試験 [160 回] の損失量 (%)
川 砂 利	20~15	19.8	43.3	膨 張 頁 岩	20~15	6.3	46.5
	15~10	19.4	19.2		15~10	1.9	20.2
	10~5	18.3	19.4		10~5	3.2	7.4

A.A.S.H.O 凍結 -26~-29°C 2時間, 融解 24~27°C 30分

14 条 水セメント比

図-3 セメント水比と圧縮強度との関係

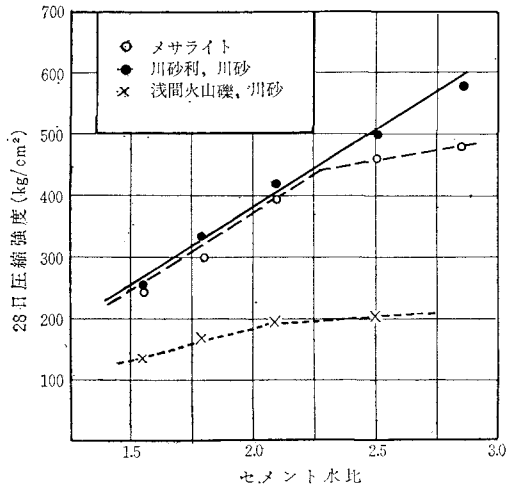
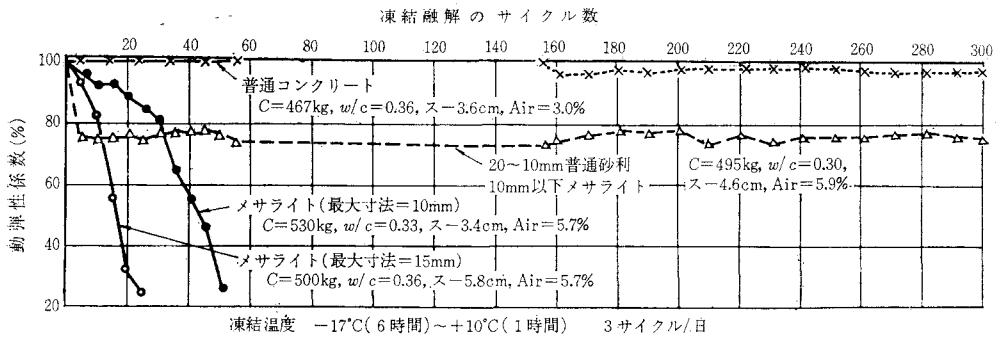


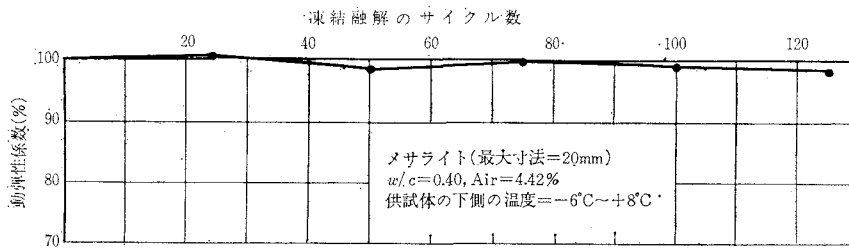
表-4 軽量骨材コンクリートの強度の変動

骨 材		骨材最大寸法 (mm)	配 合			混和剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 σ_{28}			摘 要
粗 骨 材	細骨材		C (kg)	W/C (%)	s/a (%)				試料数	平均 (kg/cm²)	変動係数 (%)	
膨張頁岩 (非造粒)	膨張頁岩 (非造粒)	15	359	53	40	ポゾリス	6.7	3.8	19	356	6.5	高架橋の RC スラブ 現場練り
同上	同上	15	307	53	40	ポゾリス	5.5	5.4	25	302	9.7	高架橋の RC スラブ 現場練り
同上	同上	15	330	53	40	ポゾリス	6.1	5.9	33	345	4.9	高架橋の RC スラブ 生コン
20~10 川砂利 10~5 膨張頁岩	膨張頁岩 (非造粒)	20	400	47.5	40	ビンゾール	7.8	6.2	40	311	11.9	RC ホーム床版 現場練り
20~10 砕 石 10~5 膨張頁岩	同上	20	400	47	37	ポゾリス	5.0	4.5	20	556	3.6	プレテンションPC桁 道路橋 工場製品
同上	同上	20	400	38	37	ビンゾール	4.5	4.9	33	547	6.2	ポストテンションPC桁 鉄道橋 工場製品
膨張頁岩 (造粒)	膨張頁岩 (非造粒)	15	335	47.5	41	ポゾリス	6.7	6.1	33	317	1.7	高架橋の RC スラブ 生コン

図—4 軽量骨材コンクリートの凍結融解試験結果



図—5 表面のみ凍結融解を行なった試験結果



表—5 軽量骨材コンクリート橋梁の耐久性調査結果 (Nebraska 州道路局)

調査年	構造物	建設年	経過年数 (年)	コンクリートの空気	調査結果	
1959	Q 号線高架橋 Omaha 地区	1950	9	—	空気量 5~6% の部分はきわめて良好、 空気量が少ない部分ははく離が著しく、 過大の部分は、劣化現象および輪荷重に よる磨損が著しく補修を要する	
	外側道路陸橋	1954	5	2.3~5.6	全般的に良好、若干の網状ひびわれあり	
	(1) Fort Crook, Platte	1956	3	7.2~10.8	いずれも経過年数が少ないが、全部きわ めて良好	
	(2) River 間陸橋	1957	2	4.4~10.6		
(3)	1958	1	6.6~9.5			
	(4)	1959	4 カ月	5.4~9.9		
1960	Nebraska 州東南 部の橋梁	(1)	1951	9	0.6~8.5	桁の露出部、ハンチ端部に網状ひびわが れ認められた
		(2)	1953	7	5.1~6.8	
		(3)	1952	8	5.5~7.4	
		(4)	1953	7	2.1~7.3	
		(5)	1955	5	3.0~7.7	

図-6 軽量骨材コンクリートの透水性

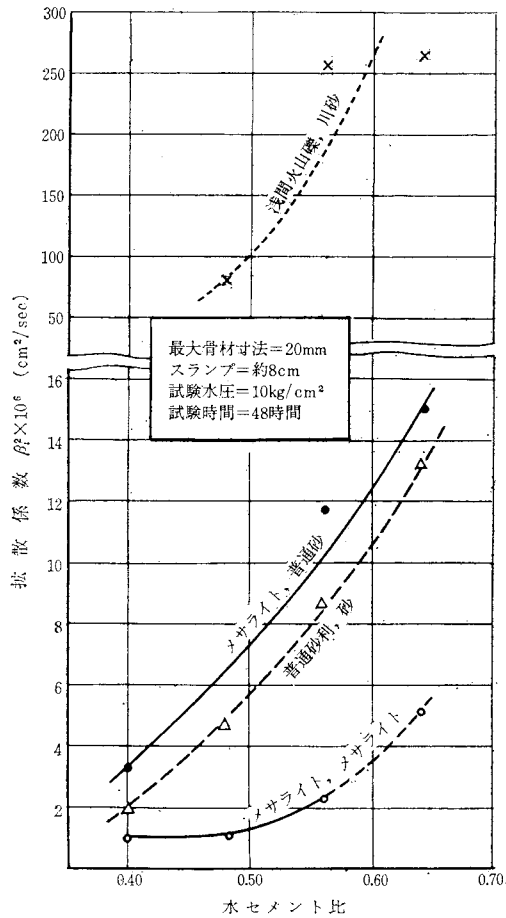


表-6 配合設計の参考表

(細粗骨材とも人工軽量骨材を用いる場合)

W/C=0.55, スランブ=約 7.5 cm, 軽量砂の FM=2.75 の場合 (容積百分率表示)

粗骨材の 最大寸法 (mm)	A E コ ン ク リ ー ト					A E 剤を用いないコ ンクリート	
	適 当 空 気 量 (%)	ポゾリスなどの減水剤 を用いる場合		ビンゾールなどのA E 剤を用いる場合		s/a (%)	W (kg)
		s/a (%)	W (kg)	s/a (%)	W (kg)		
15	6±1	40	160	40	170	44	183
20	5±1	38	153	38	163	41	176

修 正 表

条 件 の 変 化	修 正 値	
	s/a	W
W/C	0.05 の 増 減	±1%
FM	0.1 の 増 減	±0.5%
スランブ	1 cm の 増 減	0
空気量	1% の 増 減	±(0.5~1)%
s/a	1% の 増 減	±3%
		1.5 kg

- 注 1. 容積百分率表示による FM は重量百分率表示による値に 0.15 を加える。
 2. 表の値は非造粒型骨材を用いる場合である。粗骨材に造粒型を用いるときは W を 2~3% 減ずる。
 3. 表の値は $W/C \geq 0.45$ のコンクリートに適用する。
 $W/C \leq (0.37 \sim 0.38)$ の場合は W を約 20% 増す。この場合スランプ 1cm の増減に対する W の変化は約 ± 3.6 %である。
 4. 表の値はコンクリートが確実に練りまぜられたときの値である。
 5. 表の値は、骨材をプレウェッチングなどして、コンクリートの練りまぜ中にあまり吸水しない状態としたものを用いる場合である。

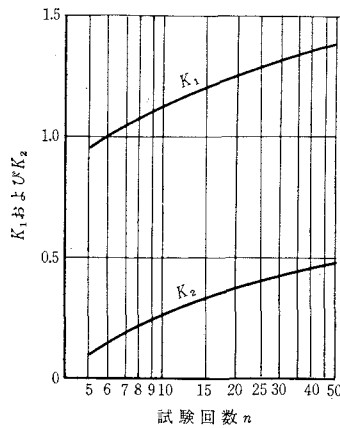
23 条 養 生

表-7 乾燥による軽量骨材コンクリートの引張強度の低下

実験者	軽量骨材	σ'_t/σ_t	供試体	供試体の養生条件
Hanson の実験	膨張頁岩	0.62~0.99 平均 0.74	$\phi 15 \times 30$	σ_t : 28 日 湿空
	膨張スレート			σ'_t : 7 日 湿空
	膨張スラグ等			21 日 RH 50% 気中
筆者の 実験	非造粒型	0.70~0.80 平均 0.75	$\phi 15 \times 15$	σ_t : 28 日 水中
	膨張頁岩			σ'_t : 7 日 水中 21 日 RH 60% 気中

25 条 工事中の試験

図-7 K_1, K_2 の値



$$\bar{x} \geq 0.8 \sigma_{28} + K_1 u$$

$$\bar{x} \geq \sigma_{28} + K_2 u$$

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(曲線は検査の危険率 1/10 の場合)

表—8 まだ固まらない軽量骨材コンクリートの水セメント比の試験方法案

1. 試験器具

- 1—1 ハカリ：容量 5 000 gr 以上で 0.5 gr まで計量できるもの。
- 1—2 フルイ：5 mm, 0.5 mm
- 1—3 水量測定器：約 1 000 gr のモルタルを入れサジで混ぜながら乾燥させることができる程度の大きさの鉄または銅製のもの。

2. 試験方法

- 2—1 5 mm ふるいでウェットスクリーニングしたモルタルの試料を各約 1 kg (0.5~0.55 l) 宛 2 個採取し、重量を計って W_1, W_2 とする。
- 2—2 モルタル試料 W_1 を加熱乾燥して絶乾状態とし重量をはかって W_3 とする。
- 2—3 モルタル試料 W_2 を 0.15 mm ふるいの上にあげ水を加えながら洗い分析する。
- 2—4 0.15 mm ふるいに残った試料を 2—2 と同様な方法で完全に乾燥し、その重量をはかって W_4 とする。
- 2—5 細骨材中の 0.15 mm 以下の量 (%) をあらかじめ測定しておき、これを $V\%$ (重量比) とする。
- 2—6 細骨材の吸水量をあらかじめ測定しておきこれを $P\%$ とする。

3. 結果の計算

モルタルの含水量 (gr) $w_m = W_1 - W_3$

モルタル中の細骨材の量 (gr) $w_s = \frac{W_5}{1 - \frac{V}{100}}$

細骨材の吸水量 (gr) $w_p = \frac{P w_s}{100}$

練りまぜ水量 (gr) $W = w_m - w_p$

セメントの重量 (gr) $C = W_2 - w_s$

水セメント比 (%) $W/C \times 100$

28 条 弾性係数

表—9 n による応力度の変化

n		20		30	
		0.5	1.0	0.5	1.0
曲げをうける部材	σ_s/σ_{s15}	1.013	1.018	1.038	1.047
	σ_c/σ_{c15}	0.902	0.927	0.790	0.847
曲げと軸力をうける部材 $\frac{c+e}{d}=10$	σ_s/σ_{s15}	1.013		1.038	
	σ_c/σ_{c15}	0.880		0.752	

$\sigma_{s15}, \sigma_{c15} : n=15$ としたときの、鉄筋およびコンクリートの応力度

29 条 クリープおよび乾燥収縮

図—8 軽量骨材コンクリートのクリープ試験結果の 1 例

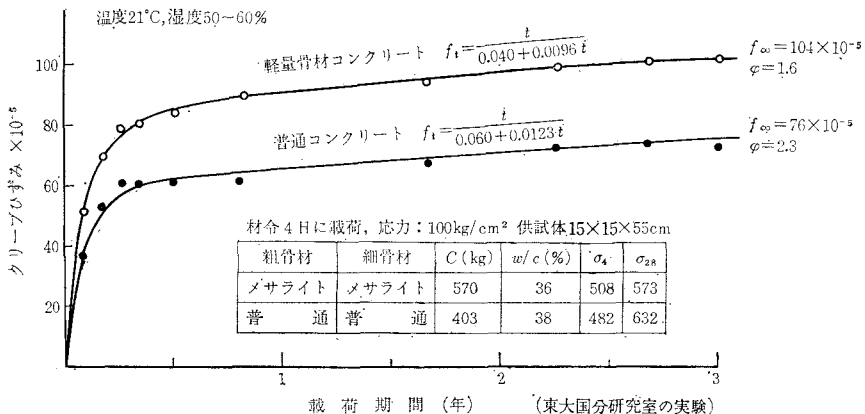
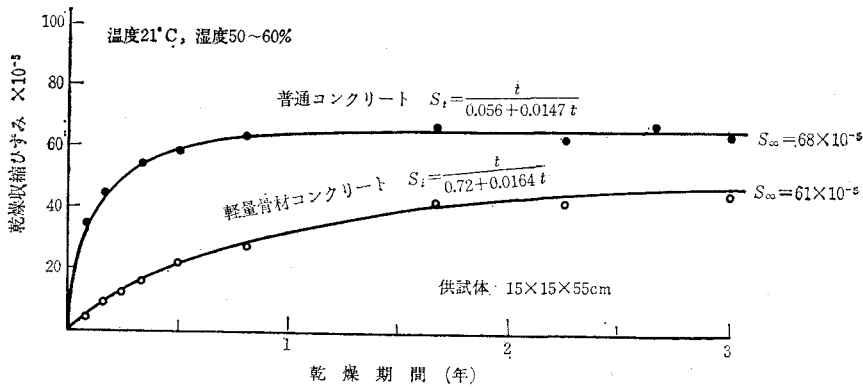


図-9 軽量骨材コンクリートの乾燥収縮試験結果の 1 例



30 条 軽量骨材コンクリートの許容応力度

表-10 軽量骨材コンクリート桁のせん断試験結果

骨 材		粗骨材の 最大寸法 (mm)	コンクリートの配合				スラ ンプ (cm)	空 気 量 (%)	σ_{28} (kg/cm ²)	R C 桁	
粗 骨 材	細 骨 材		C	W	W/C	s/a				単位重量 (t/m ³)	せん断ひびわれ 荷重
川 砂 利	川 砂	25	415	145	35	34	4.1	2.7	485	2.49	10.0 t (1.00)
メ サ ラ イ ト	メサライト	15	539	189	35	34.5	4.5	4.4	514	1.75	8.3 7.6 > 8.0 (0.80)
25~10 10~5	川 砂 利 メサライト	25	449	157	35	29	2.0	3.1	499	2.03	9.0 9.0 > 9.0 (0.90)

備 考 試験桁 断面=15×25 cm, 長さ=150 cm, 鉄筋比=1.81%, シャー スパンと有効高さの比=2.1, 養生: 7 日温室, 21 日 RH 60% 気中

図-10 軽量骨材コンクリートの付着強度

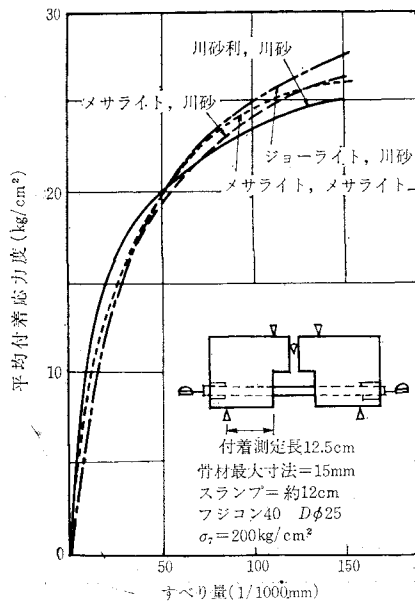


表-11 引抜き試験における載荷板の穴の径が付着強度におよぼす影響

自由端すべり量 (mm)	載荷板の穴の径		平均付着応力度 (kg/cm ²)		
	(mm)	鉄筋径との比	普通コンクリート τ_N	軽量コンクリート τ_L	τ_L/τ_N
0.10	30	1.4	61.6	34.3	34.3
	40	1.9	41.6	31.5	
	65	3.0	39.9	37.1	
			40.8		
0.25	30	1.4	92.4	67.5	67.2
	40	1.9	71.1	64.8	
	65	3.0	69.7	69.4	
			70.4		
破 壊 時	30	1.4	12.0	10.1	10.0
	40	1.9	10.9	99.7	
	65	3.0	10.6	99.7	
			10.8		

備 考 引抜き試験供試体：15×15×15 cm, 鉄筋：D22（デーコン）

コ ン ク リ ー ト

骨 材	C	W	W/C	s/a	スランプ	τ_f
普通 25 mm	380	171	45	39	8.7	307
軽量 15 mm	437	179	41	41	6.1	308

表-12 支圧強度の実用式

研 究 者	軽量骨材コンクリート	普通コンクリート	供 試 体
奥 島 氏	$\sigma_c' = 0.80 \sigma_c \sqrt[3]{A'/A}$	$\sigma_c' = \sigma_c \sqrt{A'/A}$	直径 21.5 cm 円柱
西 沢 氏	$\sigma_c' = 0.60 \sigma_c \sqrt[3]{A'/A}$	$\sigma_c' = \sigma_c \sqrt[3]{A'/A}$	20×20×30 cm 角柱

σ' ：支圧強度 (kg/cm²), σ_c ：圧縮強度 (kg/cm²), A' ：支圧面積 (cm²), A ：支承面積 (cm²)

31 条 鉄筋の許容引張応力度

図-11 軽量コンクリート桁のひびわれ幅（長方形桁）

